

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 1 0 月 7 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 2 9 5 0 9 0

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

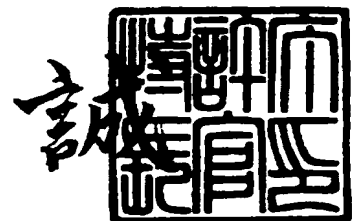
J P 2 0 0 4 - 2 9 5 0 9 0

出 願 人
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

2 0 0 5 年 1 2 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中 嶋



【資料名】

付 託 願

【整理番号】

2004-05803

【提出日】

平成16年10月 7日

【あて先】

特許庁長官殿

【国際特許分類】

F02D 41/00

【発明者】

【住所又は居所】

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】

守谷 栄記

【発明者】

【住所又は居所】

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】

荻野 隆介

【特許出願人】

【識別番号】

000003207

【氏名又は名称】

トヨタ自動車株式会社

【代表者】

齋藤 明彦

【代理人】

【識別番号】

100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】

谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】

100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】

阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】

008268

【納付金額】

16,000円

【提出物件の目録】

【物件名】

特許請求の範囲 1

【物件名】

明細書 1

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

【包括委任状番号】

0308146

【請求項 1】

吸気弁および排気弁の少なくとも何れか一方の開弁特性を変化させることができる動弁機構を有し、燃料および空気の混合気を燃焼室の内部で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、

前記燃焼室における筒内圧力を検出する筒内圧検出手段と、

前記吸気弁と前記排気弁とのバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出する筒内圧変化量算出手段と、

所定のタイミングで前記筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力と、前記筒内圧変化量算出手段によって算出される前記筒内圧力の変化量とに基づいて、前記燃焼室に吸入された空気の量を算出する吸入空気量算出手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記筒内圧変化量算出手段は、前記吸気弁と前記排気弁とのバルブオーバーラップに起因して前記燃焼室に残留する残留ガスの量に基づいて前記燃焼室に吸入された空気の量を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記筒内圧変化量算出手段は、前記バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と排気ガスの圧力とに基づいて前記バルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出し、前記バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力は、前記バルブオーバーラップの前または開始時に前記筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力に基づいて推定されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と、前記バルブオーバーラップの前または開始時に検出される筒内圧力との比が所定値を上回るまで、当該筒内圧力が前記バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力として代用される一方、前記バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と、前記バルブオーバーラップの前または開始時に検出される筒内圧力との比が所定値を上回った場合、前記バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力が前記バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と前記所定値とに基づいて定められることを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記内燃機関は、前記燃焼室を複数有すると共に、前記燃焼室ごとに前記筒内圧検出手段を備えており、前記筒内圧変化量算出手段は、前記燃焼室ごとに前記筒内圧力の変化量を算出し、前記吸入空気量算出手段は、前記各筒内圧検出手段によって検出される前記各燃焼室における筒内圧力と、前記筒内圧変化量算出手段によって算出される前記各燃焼室における前記筒内圧力の変化量とに基づいて、前記各燃焼室に吸入された空気の量を算出することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

前記内燃機関は、前記燃焼室を複数有すると共に、前記燃焼室ごとに前記筒内圧検出手段を備えており、何れかの燃焼室における前記バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力は、当該燃焼室に先行して吸気行程が実行される燃焼室の吸気下死点における筒内圧力に基づいて推定されることを特徴とする請求項 1 から 5 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

吸気弁および排気弁の少なくとも何れか一方の開弁特性を変化させることができる動弁機構を有し、燃料および空気の混合気を燃焼室の内部で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

(a) 前記吸気弁と前記排気弁とのバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出するステップと、

(b) 所定のタイミングで検出される前記燃焼室における筒内圧力と、ステップ (a)

- 昇山される前記回内圧力の変化量とに基づいて、前記燃焼室に吸入された空気の量を昇出するステップとを備えることを特徴とする内燃機関の制御方法。
-

【発明の名称】内燃機関の制御装置および制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料および空気の混合気を燃焼室の内部で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置および制御方法に関し、特に、吸気弁および排気弁の少なくとも何れか一方の開弁特性を変化させることができる動弁機構を有する内燃機関の制御装置および制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、筒内圧力、クランク角およびスロットル開度に基づいて吸気弁の開弁直後と点火直前との間の筒内圧力の変化量を算出する手段と、当該筒内圧力の変化量と機関回転数とから吸入空気量を算出する手段とを備えた内燃機関の制御装置が知られている（例えば、特許文献1参照。）。また、従来から、出力や効率を向上させると共にエミッションを低減させるために、吸気弁と排気弁とを同時に開弁させるバルブオーバーラップを設定可能な内燃機関も知られている。そして、この種の内燃機関としては、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップに起因して燃焼室に残留するガスの量（内部EGR量）を算出可能な制御装置を備えたものが知られている（例えば、特許文献2参照。）。

【0003】

特許文献2に記載の制御装置は、排気弁の開弁時に、排気温度センサ、吸気圧力センサおよび排気圧力センサからの信号に基づいて筒内温度および筒内圧力を算出すると共に、燃焼空燃比に応じた排気ガスのガス定数を算出し、これらの筒内温度、筒内圧力およびガス定数に基づいて、排気弁の開弁時における筒内ガス量を算出する。更に、この制御装置は、クランク角センサ、水温センサ、カム角センサおよびアクセル開度センサの信号に基づいて、吸気弁と排気弁とのオーバーラップ中の吹き返しガス量を算出し、これらの筒内ガス量と吹き返しガス量とに基づいて、バルブオーバーラップに起因して燃焼室に残留したガスの量（内部EGR量）を算出する。

【0004】

【特許文献1】特開平2-40054号公報

【特許文献2】特開2004-108262号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述のように、従来の制御装置によれば、内燃機関の吸入空気量や、バルブオーバーラップが設定されている場合の残留ガスの量（内部EGR量）を算出することができる。しかしながら、上記従来例においては、吸入空気量や残留ガスの量の算出に多数のパラメータが要求される。このため、従来の内燃機関では、これらのパラメータを取得するために多数のセンサが必要となり、それによるコストアップを余儀なくされていた。

【0006】

そこで、本発明は、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップが設定されている場合であっても、燃焼室内に吸入された空気の量を低コストで精度よく算出可能とする実用的な内燃機関の制御装置および制御方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による内燃機関の制御装置は、吸気弁および排気弁の少なくとも何れか一方の開弁特性を変化させることができる動弁機構を有し、燃料および空気の混合気を燃焼室の内部で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、燃焼室における筒内圧力を検出する筒内圧検出手段と、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出する筒内圧変化量算出手段と、所定のタイミングで筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力と、筒内圧変化量算出手段によって算出される筒内圧力の変化量とに

至ついで、燃焼室に吸入された空気の量を昇山する吸入空気の昇山すばらけを測ることを特徴とする。

【0008】

また、筒内圧変化量算出手段は、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップに起因して燃焼室に残留する残留ガスの量に基づいて燃焼室に吸入された空気の量を算出すると好ましい。

【0009】

更に、筒内圧変化量算出手段は、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と排気ガスの圧力とに基づいてバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出し、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力は、バルブオーバーラップの前または開始時に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力に基づいて推定されると好ましい。

【0010】

また、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と、バルブオーバーラップの前または開始時に検出される筒内圧力との比が所定値を上回るまで、当該筒内圧力がバルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力として代用される一方、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と、バルブオーバーラップの前または開始時に検出される筒内圧力との比が所定値を上回った場合、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力がバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力と上記所定値とに基づいて定められると好ましい。

【0011】

更に、上記内燃機関は、燃焼室を複数有すると共に、燃焼室ごとに筒内圧検出手段を備えており、筒内圧変化量算出手段は、燃焼室ごとに筒内圧力の変化量を算出し、吸入空気量算出手段は、各筒内圧検出手段によって検出される各燃焼室における筒内圧力と、筒内圧変化量算出手段によって算出される各燃焼室における筒内圧力の変化量とに基づいて、各燃焼室に吸入された空気の量を算出すると好ましい。

【0012】

また、上記内燃機関は、燃焼室を複数有すると共に、燃焼室ごとに筒内圧検出手段を備えており、何れかの燃焼室におけるバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力は、当該燃焼室に先行して吸気行程が実行される燃焼室の吸気下死点における筒内圧力に基づいて推定されると好ましい。

【0013】

本発明による内燃機関の制御方法は、吸気弁および排気弁の少なくとも何れか一方の開弁特性を変化させることができる動弁機構を有し、燃料および空気の混合気を燃焼室の内部で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

(a) 吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出するステップと、

(b) 所定のタイミングで検出される燃焼室における筒内圧力と、ステップ(a)で算出される筒内圧力の変化量とに基づいて、燃焼室に吸入された空気の量を算出するステップとを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、燃焼室内に吸入された空気の量を低コストで精度よく算出可能とする実用的な内燃機関の制御装置および制御方法の実現が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明による内燃機関の制御装置は、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップが設定された際に、当該バルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出し、この筒内圧力の変化量と、所定のタイミングで筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力とに基づいて、燃焼室に吸入された空気の量を算出するものである。

【0016】

ここで、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップが設定された際に当該バルブオーバ

バルブオーバーラップに起因して燃焼室に残留する残留ガスの量 M_e は、バルブオーバーラップ中の所定のタイミング（クランク角が θ_1 となるタイミング）における吸入空気の圧力を $P_m(\theta_1)$ とし、当該所定のタイミングにおける排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ とし、その際の排気ガスの温度を T_e とし、気体定数を R （J/(kg・K)）とすると、次の（１）式により表される。

【００１７】

【数１】

$$M_e = S \cdot \phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)) \cdot P_e(\theta_1) / \sqrt{R \cdot T_e} \quad \cdots (1)$$

【００１８】

上記（１）式において、 S は、バルブオーバーラップ中にガスの通過を許容する有効面積であるガス通過有効面積を示す。かかるガス通過有効面積 S は、次の（２）式により表される。ただし、（２）式において、 $N_e(\theta_1)$ は、クランク角が θ_1 となるタイミングにおける機関回転数である。また、 R_i は、吸気弁 V_i のバルブ直径であり、 R_e は、排気弁 V_e のバルブ直径であり、 $L_i(\theta)$ は、吸気弁 V_i のリフト量であり、 $L_e(\theta)$ は、排気弁 V_e のリフト量であり、 IVO は、吸気弁 V_i を開くタイミングにおけるクランク角度であり、 EV_C は、排気弁 V_e を閉じるタイミングにおけるクランク角度である。更に、（２）式において、 $\int \sqrt{L_i(\theta) \cdot L_e(\theta)} d\theta$ を IVO から EV_C まで積分して得られる値（ $\int \sqrt{L_i(\theta) \cdot L_e(\theta)} d\theta$ ）は、可変バルブタイミング機構による進角量（ VVT 進角量）に応じて定まる値である。

【００１９】

また、上記（１）式において、 $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$ は、吸入空気の圧力と排気ガスの圧力との比に関連する項であり、基本的に次の（３）により表され、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ の値が小さい場合、次の（４）式により表される。ただし、（３）および（４）式において、 κ は比熱比である。

【００２０】

【数２】

$$S = \pi \cdot \sqrt{R_i \cdot R_e} \cdot \cos(45^\circ) \cdot \int_{IVO}^{EV_C} \sqrt{L_i(\theta) \cdot L_e(\theta)} d\theta \cdot (60/N_e(\theta_1)/360) \quad \cdots (2)$$

【００２１】

【数３】

$$\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)} \geq \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \text{ のとき、 } \phi\left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right) = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \cdot \left\{ \left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right\}} \quad \cdots (3)$$

【００２２】

【数４】

$$\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)} < \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \text{ のとき、 } \phi\left(\frac{P_m(\theta_1)}{P_e(\theta_1)}\right) = \sqrt{\kappa \cdot \left(\frac{2\kappa}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}} \quad \cdots (4)$$

【００２３】

一方、バルブオーバーラップに起因して燃焼室に残留する残留ガスの量 M_e と、バルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量 ΔP_c との間には、一般に、次の（５）式の関係が成立する。これにより、上記（１）式および（５）式から、筒内圧力の変化量 ΔP_c は、バルブオーバーラップに起因して燃焼室に残留する残留ガスの量 M_e に基づいて、次の（６）式のように表される。ただし、（６）式において、 α は、実験等に基づいて定められる定数である。そして、この筒内圧力の変化量 ΔP_c と、圧縮行程中の所定のタイミング（クランク角が θ_2 となるタイミングであり、吸気弁閉弁後、燃焼開始前（火花点火前または圧縮着火前）のタイミング）で筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力 P_c （

02ノとが、燃焼室に吸入された空気の量 M_{air} を次の(7)式により算出することができる。ただし、(7)式において、 β は、実験等に基づいて定められる定数である。

【0024】

【数5】

$$\Delta P_c \propto M_e \cdot \sqrt{T_e} \quad \cdots (5)$$

【0025】

【数6】

$$\Delta P_c = \alpha \cdot S \cdot \phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)) \cdot P_e(\theta_1) \quad \cdots (6)$$

【0026】

【数7】

$$M_{ar} = \beta \cdot (P_c(\theta_2) - \Delta P_c) \quad \cdots (7)$$

【0027】

従って、本発明による内燃機関の制御装置において実行されるように、バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ 、排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ および機関回転数 $N_e(\theta_1)$ と、所定のタイミングで検出された筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ とを得れば、多数のセンサを用いることなく、燃焼室内に吸入された空気の量を低コストで精度よく算出可能となる。

【0028】

また、上述のように、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ とに基づいてバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量 ΔP_c を算出するに際しては、排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ が、バルブオーバーラップの直前または開始時に（クランク角が θ_0 となるタイミングで）筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ に基づいて推定されると好ましい。

【0029】

すなわち、バルブオーバーラップのために吸気弁を開弁させる前や吸気弁の開弁時の排気ガスの圧力は筒内圧力と概ね一致しており、内燃機関の負荷がさほど大きくない場合であれば、バルブオーバーラップのために吸気弁を開弁させた前後における排気ガスの圧力変化は小さい。従って、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ は、バルブオーバーラップの前または開始時に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ に基づいて推定することが可能であり、内燃機関の低負荷時であれば、例えば、 $P_e(\theta_1) = P_c(\theta_0)$ とすることができ、これにより、排気ガスの圧力を検出するセンサが不要となるので、燃焼室に吸入される空気量の算出に要するコストを低減させることが可能となる。

【0030】

一方、内燃機関の負荷がある程度高まると、排気脈動等の影響によってバルブオーバーラップ中に排気ガスの圧力変化が大きくなり、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ をバルブオーバーラップの前または開始時に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ にて代用するのは困難となる。

【0031】

すなわち、内燃機関の負荷がある程度高まるまでは、上記(3)式の関数 ϕ に代入されるバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比は、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ とバルブオーバーラップの前または開始時に検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ との比と概ね一致し、両者の値は、負荷の高まりと共に増加していく。これに対して、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ との比が実験的、経験的に定められる所定値 ε を上回ると、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1) = P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ という相関が成立しなくなってしまう。

【0032】

このため、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と筒内圧力 $P_c(\theta_1)$ との比が所定値 ε を上回った場合には、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比が上記所定値 ε に固定されると仮定した上で、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ をバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と上記所定値 ε とに基づいて、 $P_e(\theta_1) = P_m(\theta_1) / \varepsilon$ として定めると好ましい。これにより、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力が実測されない場合に、内燃機関の負荷が高まったとしても、バルブオーバーラップに伴う排気ガスの圧力変化による影響を受けることなく、燃焼室に吸入される空気量を精度よく算出可能となる。

【0033】

そして、複数の燃焼室を有する内燃機関においては、燃焼室ごとに筒内圧検出手段が設けられるとよく、この場合、燃焼室ごとに筒内圧力の変化量 ΔP_c が算出され、各燃焼室における筒内圧力の変化量 ΔP_c と、各筒内圧検出手段によって所定のタイミングで検出される各燃焼室における筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ とに基づいて、各燃焼室に吸入された空気の量が算出されると好ましい。これにより、燃焼室間の吸入空気量のばらつきを精度よく把握することができるので、各燃焼室における空燃比制御等の精度を向上させることが可能となる。

【0034】

また、何れかの燃焼室におけるバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力は、当該燃焼室に先行して吸気行程が実行される燃焼室の吸気下死点における筒内圧力に基づいて推定されてもよい。

【0035】

一般に、吸入空気の圧力と筒内圧力とは吸気下死点において概ね等しくなる。また、ある燃焼室においてバルブオーバーラップが実行されるタイミングは、当該燃焼室に対して $1/N$ サイクル（ただし、吸気、圧縮、膨張、排気の4行程を1サイクルとし、 N は気筒数を示す）だけ先行して吸気行程が実行される燃焼室において吸気下死点が到来するタイミングと概ね一致する。従って、これらを踏まえ、筒内圧力に基づいて吸入空気の圧力を推定することにより、吸入空気の圧力を検出するセンサが不要となり、各燃焼室に吸入される空気量の算出に要するコストをより一層低減させることが可能となる。

【0036】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態について具体的に説明する。

【0037】

図1は、本発明による制御装置が適用された内燃機関を示す概略構成図である。同図に示される内燃機関1は、シリンダブロック2に形成された燃焼室3の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室3内でピストン4を往復移動させることにより動力を発生するものである。内燃機関1は多気筒エンジンとして構成されると好ましく、本実施形態の内燃機関1は、例えば4気筒エンジンとして構成される。

【0038】

各燃焼室3の吸気ポートは、吸気管（吸気マニホールド）5にそれぞれ接続され、各燃焼室3の排気ポートは、排気管6（排気マニホールド）にそれぞれ接続されている。また、内燃機関1のシリンダヘッドには、吸気弁 V_i および排気弁 V_e が燃焼室3ごとに配設されている。各吸気弁 V_i は対応する吸気ポートを開閉し、各排気弁 V_e は対応する排気ポートを開閉する。各吸気弁 V_i および各排気弁 V_e は、可変バルブタイミング機構を含む動弁機構VMによって開閉させられる。更に、内燃機関1は、気筒数に応じた数の点火プラグ7を有し、点火プラグ7は、対応する燃焼室3内に臨むようにシリンダヘッドに配設されている。

【0039】

吸気管5は、図1に示されるように、サージタンク8に接続されている。サージタンク8には、給気ラインL1が接続されており、給気ラインL1は、エアクリーナ9を介して図示されない空気取入口に接続されている。そして、給気ラインL1の中途（サージタン

ノロシユノノツーノツとの間には、スロットルバルブ（平大形形態は、電子制御式スロットルバルブ）１０が組み込まれている。一方、排気管６には、図１に示されるように、例えば三元触媒を含む前段触媒装置１１ａおよび例えばＮＯ_x吸蔵還元触媒を含む後段触媒装置１１ｂが接続されている。

【００４０】

更に、内燃機関１は、複数のインジェクタ１２を有し、各インジェクタ１２は、図１に示されるように、対応する燃焼室３内に臨むようにシリンダヘッドに配置されている。また、内燃機関１の各ピストン４は、いわゆる深皿頂面型に構成されており、その上面に、凹部４ａを有している。そして、内燃機関１では、各燃焼室３内に空気を吸入させた状態で、各インジェクタ１２から各燃焼室３内のピストン４の凹部４ａに向けてガソリン等の燃料が直接噴射される。

【００４１】

これにより、内燃機関１では、点火プラグ７の近傍に燃料と空気との混合気の層が周囲の空気層と分離された状態で形成（成層化）されるので、極めて希薄な混合気を用いて安定した成層燃焼を実行することが可能となる。なお、本実施形態の内燃機関１は、いわゆる直噴エンジンとして説明されるが、これに限られるものではなく、本発明が吸気管（吸気ポート）噴射式の内燃機関に適用され得ることはいうまでもない。

【００４２】

上述の各点火プラグ７、スロットルバルブ１０、各インジェクタ１２および動弁機構ＶＭ等は、内燃機関１の制御装置として機能するＥＣＵ２０に電氣的に接続されている。ＥＣＵ２０は、何れも図示されないＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、入出力ポート、および、記憶装置等を含むものである。ＥＣＵ２０には、図１に示されるように、内燃機関１のクランク角センサ１４を始めとした各種センサが電氣的に接続されている。ＥＣＵ２０は、記憶装置に記憶されている各種マップ等を用いると共に各種センサの検出値等に基づいて、所望の出力が得られるように、点火プラグ７、スロットルバルブ１０、インジェクタ１２、動弁機構ＶＭ等を制御する。

【００４３】

また、内燃機関１は、半導体素子、圧電素子、磁歪素子あるいは光ファイバ検出素子等を含む筒内圧センサ（筒内圧検出手段）１５を気筒数に応じた数だけ有している。各筒内圧センサ１５は、対応する燃焼室３内に受圧面が臨むようにシリンダヘッドに配設されており、図示されないＡ／Ｄ変換器等を介してＥＣＵ２０に電氣的に接続されている。各筒内圧センサ１５は、燃焼室３内でその受圧面に加わる圧力（筒内圧力）を大気圧に対する相対値として出力するものであり、その受圧面に加わる圧力（筒内圧力）に応じた電圧信号（検出値を示す信号）をＥＣＵ２０に与える。

【００４４】

更に、内燃機関１は、サージタンク８内の吸入空気の圧力（吸気圧）を絶対圧力として検出する吸気圧センサ１６を有している。吸気圧センサ１６も、図示されないＡ／Ｄ変換器等を介してＥＣＵ２０に電氣的に接続されており、検出したサージタンク８内の吸入空気の絶対圧力を示す信号をＥＣＵ２０に与える。なお、クランク角センサ１４、吸気圧センサ１６の検出値は、微小時間おきにＥＣＵ２０に順次与えられ、ＥＣＵ２０の所定の記憶領域（バッファ）に所定量ずつ格納保持される。また、各筒内圧センサ１５の検出値（筒内圧力）は、吸気圧センサ１６の検出値に基づいて絶対圧補正された上で、ＥＣＵ２０の所定の記憶領域（バッファ）に所定量ずつ格納保持される。

【００４５】

次に、図２を参照しながら、上述の内燃機関１において各燃焼室３に吸入される空気量を算出する手順について説明する。内燃機関１が始動されると、ＥＣＵ２０によって図２に示される吸入空気量算出ルーチンが燃焼室３ごとに繰り返し実行される。図２の吸入空気量算出ルーチンは、基本的に上記（１）から（７）式を用いて各燃焼室３に吸入される空気量を算出するためのものである。このルーチンの実行タイミングになると、ＥＣＵ２０は、まず、吸気弁Ｖ_iの開弁タイミングが進角されているか否かを判定する（Ｓ１０）。

ECU20は、S10にて吸気弁Viの開弁タイミングが進角されていると判断した場合、ECU20は、所定の記憶領域から、吸気弁Viと排気弁Veとのバルブオーバーラップ直前または開始時の所定のタイミング（クランク角が θ_0 となるタイミング）で筒内圧センサ15によって検出された筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ を対象となる燃焼室3について読み出すと共に、吸気弁Viと排気弁Veとのバルブオーバーラップ中の所定のタイミング（クランク角が θ_1 となるタイミング）で吸気圧センサ16によって検出された吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ とを読み出す（S12）。また、S12にて、ECU20は、バルブオーバーラップ中の所定のタイミング（クランク角が θ_1 となるタイミング）でのクランク角センサ14の検出値に基づいて、クランク角が θ_1 となるタイミングでの機関回転数 $N_e(\theta_1)$ を求めると共に、動弁機構VMから、クランク角が θ_1 となるタイミングでのVVT進角量を取得する。

【0047】

本実施形態において、吸気弁Viと排気弁Veとのバルブオーバーラップ直前または開始時の所定のタイミングは、バルブオーバーラップの開始時すなわち吸気弁Viの開弁時とされ、クランク角が例えば $\theta_0 =$ 上死点前 20° となるタイミングとされる。また、バルブオーバーラップ中の所定のタイミングは、クランク角が例えば $\theta_1 =$ 上死点前 10° （排気上死点前 10° ）となるタイミングとされる。S12にて、クランク角が θ_0 となるタイミングでの筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ とクランク角が θ_1 となるタイミングでの吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ とを取得すると、ECU20は、対象となる燃焼室3について、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ との比である $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値を求めると共に、 $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値が所定の閾値 ε （本実施形態では、 $\varepsilon = 0.95$ ）以下であるか否か判定する（S14）。

【0048】

ここで、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ との比である $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ と、上記（3）式において用いられるパラメータである吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ との間には、図3に例示されるような関係が成立する。すなわち、内燃機関1の負荷がさほど大きくない範囲内では、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_0)$ の値と $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値とは、負荷の高まりと共にそれぞれ増加し、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_0) = P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ という関係が成立する。

【0049】

すなわち、バルブオーバーラップのために吸気弁Viを開弁させる直前のタイミングまたは開弁時において、排気ガスの圧力は筒内圧力と概ね一致しており、内燃機関1の負荷がさほど大きくない場合であれば、バルブオーバーラップのために吸気弁Viを開弁させた前後における排気ガスの圧力変化は小さい。従って、内燃機関1の負荷がさほど大きくない範囲内では、バルブオーバーラップ中、すなわち、クランク角が θ_1 となるタイミングにおける排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ を、バルブオーバーラップの直前または開始時、すなわち、クランク角が θ_0 となるタイミングで筒内圧センサ15によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ に基づいて推定することが可能であり、 $P_e(\theta_1) = P_c(\theta_0)$ 、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_0) = P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ とみなすことができる。

【0050】

これに対して、内燃機関1の負荷がある程度高まると、排気脈動等の影響により、バルブオーバーラップのために吸気弁Viを開弁させた前後において排気ガスの圧力変化が大きくなる。すなわち、内燃機関1の負荷がある程度高まり、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ との比 $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ が所定値 ε 以上になると、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1) = P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ という相関が成立しなくなり、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ をバルブオーバーラップの直前または開始時に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ にて代用するのは困難となる。

これらの点に鑑みて、内燃機関1では、S14にて各燃焼室3について $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値が上記閾値 ε 以下であると判断された場合、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ がバルブオーバーラップの直前または開始時に筒内圧センサ15によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ にて代用され、ECU20によって $P_e(\theta_1) = P_c(\theta_0)$ と設定される(S16)。また、S14にて各燃焼室3について $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値が上記閾値 ε を上回っていると判断された場合、ECU20によって、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ が、上記所定値 ε を用いて、

$$P_e(\theta_1) = P_m(\theta_1) / \varepsilon$$

として設定される(S18)。すなわち、S18の処理では、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比がガード値としての閾値 ε (本実施形態では、0.95)に固定されると仮定され、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ がバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と閾値 ε とに基づいて定められる。

【0052】

S16またはS18の処理を実行すると、ECU20は、予め定められた関数式あるいはマップを用いてS12にて取得したVVT進角量に対応する $\int \sqrt{L_i(\theta) \cdot L_e(\theta)} d\theta$ の値を定め、この値と、S12にて取得した機関回転数 $N_e(\theta_1)$ とを用いて上記(2)からガス通過有効面積 S を算出する(S20)。ガス通過有効面積 S を求めると、ECU20は、S12にて取得した吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ をS16またはS18にて設定したバルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ で除した値が閾値 $(2/(\kappa+1))^{1/\kappa}$ 以上となっているか否か判定する(S22)。本実施形態では、閾値 $(2/(\kappa+1))^{1/\kappa}$ として、例えば $\kappa=1.32$ として得られる定数が用いられる。

【0053】

上述のように、バルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量 ΔP_c を算出する際に必要となる $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$ を表す式は、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ の値に応じて変化する。このため、ECU20は、S22にて $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ の値が上記閾値以上であると判断した場合、上記(3)式を用いて $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$ の値を算出する(S24)。また、ECU20は、S22にて $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ の値が上記閾値を下回ったと判断した場合、上記(4)式を用いて $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$ の値を算出する(S26)。

【0054】

S20にてガス通過有効面積 S を求めると共に、S24またはS26にて $\phi(P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1))$ の値を求めると、ECU20は、上記(6)式を用いて、対象となる燃焼室3についてバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量 ΔP_c を算出する(S28)。S28の処理の後、ECU20は、所定の記憶領域から、対象となる燃焼室3について、圧縮行程中のクランク角が θ_2 となるタイミングで筒内圧センサ15によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ を読み出す(S30)。なお、本実施形態では、圧縮行程中の所定のタイミングは、クランク角が例えば $\theta_2 = \text{上死点前} 50^\circ$ (圧縮上死点前 50°)となるタイミングとされる。

【0055】

そして、ECU20は、上記(7)式を用いて、S28にて求めた筒内圧力の変化量 ΔP_c とS30にて取得した筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ とから、対象となる燃焼室3について吸入空気の量 M_{air} を算出する(S32)。このように、内燃機関1では、バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ 、排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ および機関回転数 $N_e(\theta_1)$ と、所定のタイミングで検出された筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ とを得ることにより、多数のセンサを用いることなく、各燃焼室3の内部に吸入された空気の量を低コストで精度よく算出可能となる。

また、内燃機関 1 では、負荷が比較的 low、S 1 4 にて $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値が閾値 ε 以下であると判断された場合、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ がバルブオーバーラップの直前または開始時に筒内圧センサ 1 5 によって検出される筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ にて代用される。これにより、排気ガスの圧力を実測するためのセンサが不要となるので、各燃焼室 3 に吸入される空気量の算出に要するコストを低減させることが可能となる。

【 0 0 5 7 】

そして、排気ガスの圧力を実測するためのセンサが省略されている内燃機関 1 では、負荷が高まって S 1 4 にて $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ の値が閾値 ε を上回ったと判断された場合、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比がいわゆるガード値としての閾値 ε (本実施形態では、0.95) に固定されるとの仮定のもと、バルブオーバーラップ中の排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ が、閾値 ε に基づいて定められる (S 1 8)。このように、内燃機関 1 の負荷が高まった際には、吸入空気の圧力と排気ガスの圧力との差が小さく、また、残留ガスの自体も少なくなることから、S 1 8 のような処理を実行しても、排気ガスの圧力変化による影響を受けることなく、各燃焼室 3 に吸入される空気量を精度よく算出することが可能となり、実用上良好な結果を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

更に、複数の燃焼室 3 と、燃焼室 3 ごとに設けられた筒内圧センサ 1 5 とを有する内燃機関 1 では、燃焼室 3 ごとに筒内圧力の変化量 ΔP_c が算出され、各燃焼室 3 における筒内圧力の変化量 ΔP_c と、各筒内圧センサ 1 5 によって検出される各燃焼室 3 における筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ とに基づいて、各燃焼室 3 に吸入された空気の量が算出されることになる。これにより、燃焼室 3 間の吸入空気量のばらつきを精度よく把握可能となり、各燃焼室 3 における空燃比制御等の精度を向上させることができる。

【 0 0 5 9 】

一方、S 1 0 にて吸気弁 V_i の開弁タイミングが進角されておらず、吸気弁 V_i と排気弁 V_e とのバルブオーバーラップが設定されていないと判断した場合、E C U 2 0 は、S 3 2 にて用いられることになる筒内圧力の変化量 ΔP_c をゼロに設定する (S 3 4)。これにより、バルブオーバーラップが設定されていない場合、S 3 2 では、S 3 0 にて取得された筒内圧力 $P_c(\theta_2)$ のみに基づいて、各燃焼室 3 に吸入された空気の量 M_{air} が算出されることになる。ここで、圧縮行程中の筒内圧力は、相対的に高い値を示し、筒内圧センサ 1 5 の検出精度や筒内圧データの分解能等によらず精度よく検出され得るものである。従って、圧縮行程中の所定のタイミングにおける燃焼室 3 内の筒内圧力を用いれば、燃焼室 3 に吸入された空気の量を精度よく求めることができる。

【 0 0 6 0 】

なお、上述の内燃機関 1 では、S 1 4 にて否定判断がなされた場合、バルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比がガード値としての閾値 ε に固定されると仮定されるが、これに限られるものではない。すなわち、図 4 に示されるように、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と筒内圧力 $P_c(\theta_0)$ との比である $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ と、吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ と排気ガスの圧力 $P_e(\theta_1)$ との比 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ との関係は、複数の関数を用いて近似されてもよい。

【 0 0 6 1 】

図 4 の例では、 $P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ と $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ との関係が 2 本の直線を用いて近似されており、 $0 \leq P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0) \leq \varepsilon_1$ (ただし、 ε_1 は、実験的、経験的に定められる定数である。) の範囲では、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1) = P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0)$ となり、 $\varepsilon_1 \leq P_m(\theta_1)/P_c(\theta_0) \leq 1.0$ の範囲では、 $P_m(\theta_1)/P_e(\theta_1)$ が次の (8) 式により表される (ただし、(8) 式において ε_2 は、実験的、経験的に定められる定数であり、 $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ である)。

このように近似する仮が採用された場合には、図2のS14にて判定判断がなされた際に、S18にて、次の(9)式に従って $Pe(\theta_1)$ の値が設定される。

【0062】

【数8】

$$Pm(\theta_1)/Pe(\theta_1) = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} \cdot (Pm(\theta_1)/Pc(\theta_0) - \varepsilon_1) + \varepsilon_1 \quad \cdots (8)$$

【0063】

【数9】

$$Pe(\theta_1) = \frac{Pm(\theta_1)}{\left\{ \varepsilon_1 + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} \cdot \left(\frac{Pm(\theta_1)}{Pc(\theta_0)} - \varepsilon_1 \right) \right\}} \quad \cdots (9)$$

【0064】

また、本実施形態では、サージタンク8に吸入空気の圧力を検出する吸気圧センサ16が設けられているが、吸気圧センサ16は省略されてもよく、バルブオーバーラップ中の所定のタイミング（クランク角が θ_1 となるタイミング）における吸入空気の圧力 $Pm(\theta_1)$ は、筒内圧力に基づいて推定されてもよい。

【0065】

すなわち、吸入空気の圧力と筒内圧力とは吸気下死点において概ね等しくなる。また、ある燃焼室3においてバルブオーバーラップが実行されるタイミングは、4気筒エンジンの場合、当該燃焼室3に対して1/4サイクル（180°）だけ先行して吸気行程が実行される燃焼室3において吸気下死点が到来するタイミングと概ね一致する。従って、これらを踏まえると、ある燃焼室3におけるバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力は、当該燃焼室3に対して1/4サイクルだけ先行して吸気行程が実行される燃焼室3の吸気下死点における筒内圧力に基づいて推定することができる。これにより、吸入空気の圧力を検出する吸気圧センサ16が不要となり、各燃焼室3に吸入される空気量の算出に要するコストをより一層低減させることが可能となる。

【0066】

図5は、バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力を筒内圧力に基づいて推定するルーチンを説明するためのフローチャートである。図5のルーチンは、ECU20によって例えば図2のS14の前の所定のタイミングにおいて実行されるものである。この場合、ECU20は、所定の記憶領域から、対象となる燃焼室3よりも1/4サイクルだけ先行して吸気行程が実行される燃焼室（先行燃焼室）3の直近の吸気下死点における筒内圧センサ15の検出値 $Pc(\theta_{BDC})$ を読み出す（S100）。更に、ECU20は、対象となる燃焼室3よりも1/4サイクルだけ先行して吸気行程が実行される燃焼室3の上記吸気下死点後の圧縮行程中の所定の2点における筒内圧センサ15の検出値 $Pc(\theta_a)$ 、 $Pc(\theta_b)$ を所定の記憶領域から読み出す（S102）。なお、クランク角 θ_a および θ_b は、圧縮行程中に含まれるように選択されれば、それぞれの値は任意とされ得る。

【0067】

ここで、吸気圧センサが省略されている場合、筒内圧センサ15の出力（絶対圧力）を吸気圧センサ16の検出値に基づいて絶対圧補正し得ないことから、筒内圧センサ15の検出値 $Pc(\theta_a)$ 、 $Pc(\theta_b)$ は、絶対圧補正されずにそのまま（絶対圧力を示す状態で）当該記憶領域に記憶される。ここで、クランク角が θ_a となった際の絶対圧補正後の筒内圧力（真値）を Pa とし、クランク角が θ_b となった際の絶対圧補正後の筒内圧力（真値）を Pb とし、筒内圧センサ15の絶対圧補正值を Pr とすると、

$$Pa = Pc(\theta_a) + Pr$$

$$Pb = Pc(\theta_b) + Pr$$

となる。また、内燃機関の圧縮行程が断熱過程であるとみなし、比熱比を κ とした場合、

、 $P_c(\theta_a) \cdot V^\kappa(\theta_a) - P_c(\theta_b) \cdot V^\kappa(\theta_b)$ の関係が成立し、この関係は、次の(10)式のように表すことができる。そして、(10)式を絶対圧補正值 P_r について解くと、絶対圧補正值 P_r は、次の(11)式のように表される。

【0068】

【数10】

$$(P_c(\theta_a) + P_r) \cdot V^\kappa(\theta_a) = (P_c(\theta_b) + P_r) \cdot V^\kappa(\theta_b) \quad \dots (10)$$

【0069】

【数11】

$$P_r = \frac{P_c(\theta_b) \cdot V^\kappa(\theta_b) - P_c(\theta_a) \cdot V^\kappa(\theta_a)}{V^\kappa(\theta_a) - V^\kappa(\theta_b)} \quad \dots (11)$$

【0070】

このため、ECU20は、S102の処理の後、先行燃焼室3の圧縮行程中の所定の2点における筒内圧センサ15の検出値 $P_c(\theta_a)$ 、 $P_c(\theta_b)$ と、当該所定の2点における筒内容積 $V(\theta_a)$ 、 $V(\theta_b)$ とを用いて、上記(11)式より、先行燃焼室3に設けられている筒内圧センサ15の絶対圧補正值 P_r を算出する(S104)。なお、S104にて用いられる筒内容積 $V(\theta_a)$ 、 $V(\theta_b)$ の値は、予め算出された上で記憶装置に記憶されており、ECU20は、これら筒内容積 $V(\theta_a)$ 、 $V(\theta_b)$ の値を記憶装置から読み出してS20の処理に用いる。

【0071】

S104にて絶対圧補正值 P_r を求めると、ECU20は、S100にて取得した吸気下死点における筒内圧センサ15の検出値 $P_c(\theta_{BDC})$ と、S104にて求めた絶対圧補正值 P_r とを用いて、対象となる燃焼室3におけるバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ を算出する(S106)。すなわち、ある燃焼室3におけるバルブオーバーラップ中の吸入空気の圧力 $P_m(\theta_1)$ は、当該燃焼室3に対して1/4サイクル(N気筒エンジンでは、1/Nサイクル)だけ先行して吸気行程が実行される燃焼室3の吸気下死点における筒内圧力を $P_{c-180}(\theta_{BDC})$ とすると、

$$P_m(\theta_1) = P_r + P_{c-180}(\theta_{BDC})$$

として算出することができる。このように、図5のルーチンが実行されることにより、吸入空気の圧力を検出する吸気圧センサを用いることなく、筒内圧力 $P(\theta)$ と筒内容積 $V(\theta)$ とに基づいて、(筒内圧力 $P(\theta)$ と筒内容積 $V(\theta)$ を比熱比(所定の指数) κ で累乗した値 $V^\kappa(\theta)$ との積値 $P(\theta) \cdot V^\kappa(\theta)$ に基づいて、各燃焼室3に吸入される空気量を精度よく算出可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】 本発明による制御装置が適用された内燃機関を示す概略構成図である。

【図2】 図1の内燃機関における吸入空気量算出ルーチンを説明するためのフローチャートである。

【図3】 バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力とバルブオーバーラップ直前または開始時の所定のタイミングにおける筒内圧力との比と、バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力と排気ガスの圧力との比との関係を例示するグラフである。

【図4】 バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力とバルブオーバーラップ直前または開始時の所定のタイミングにおける筒内圧力との比と、バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力と排気ガスの圧力との比との関係を例示するグラフである。

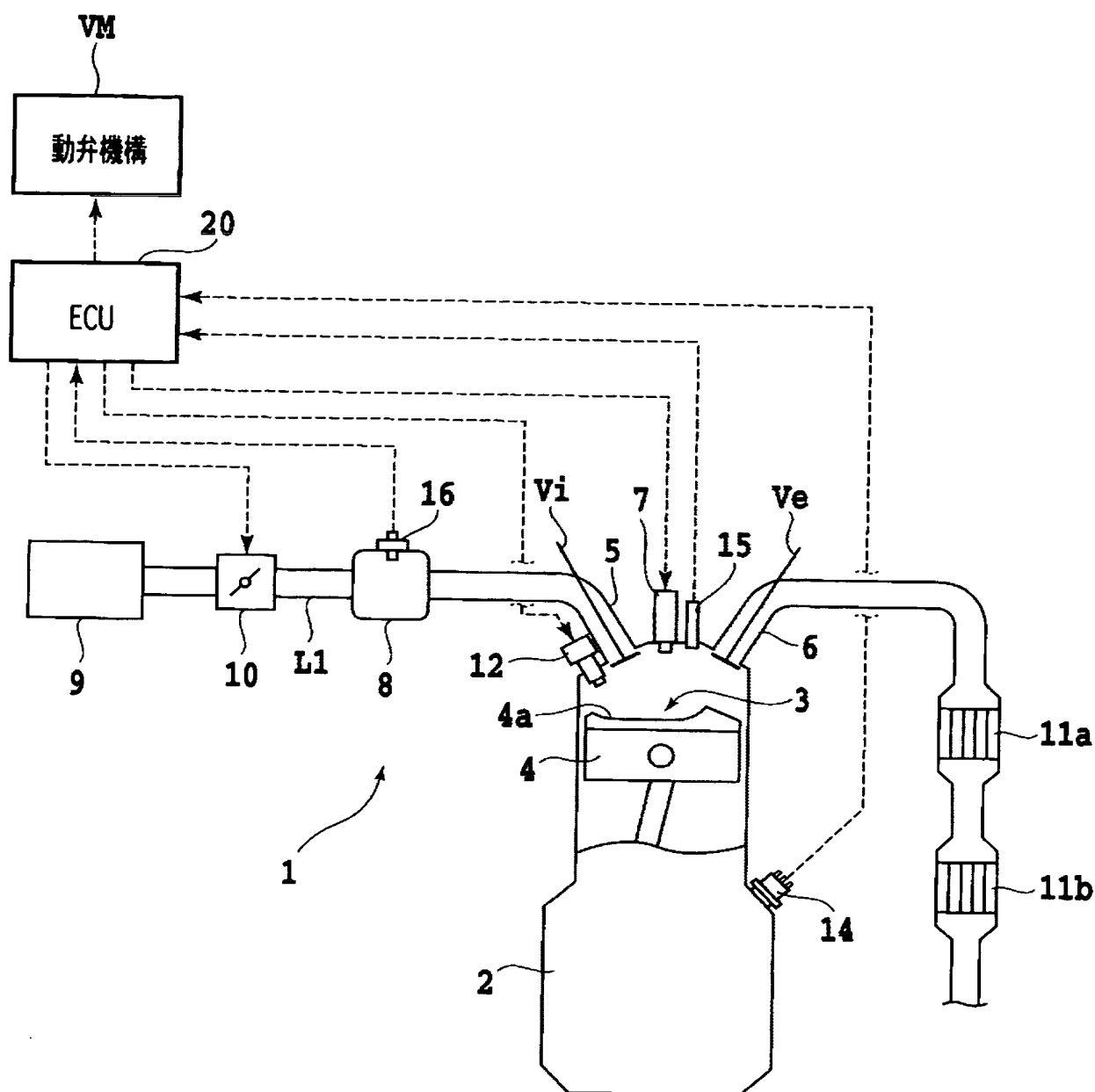
【図5】 バルブオーバーラップ中の所定のタイミングにおける吸入空気の圧力を筒内圧力に基づいて推定するルーチンを説明するためのフローチャートである。

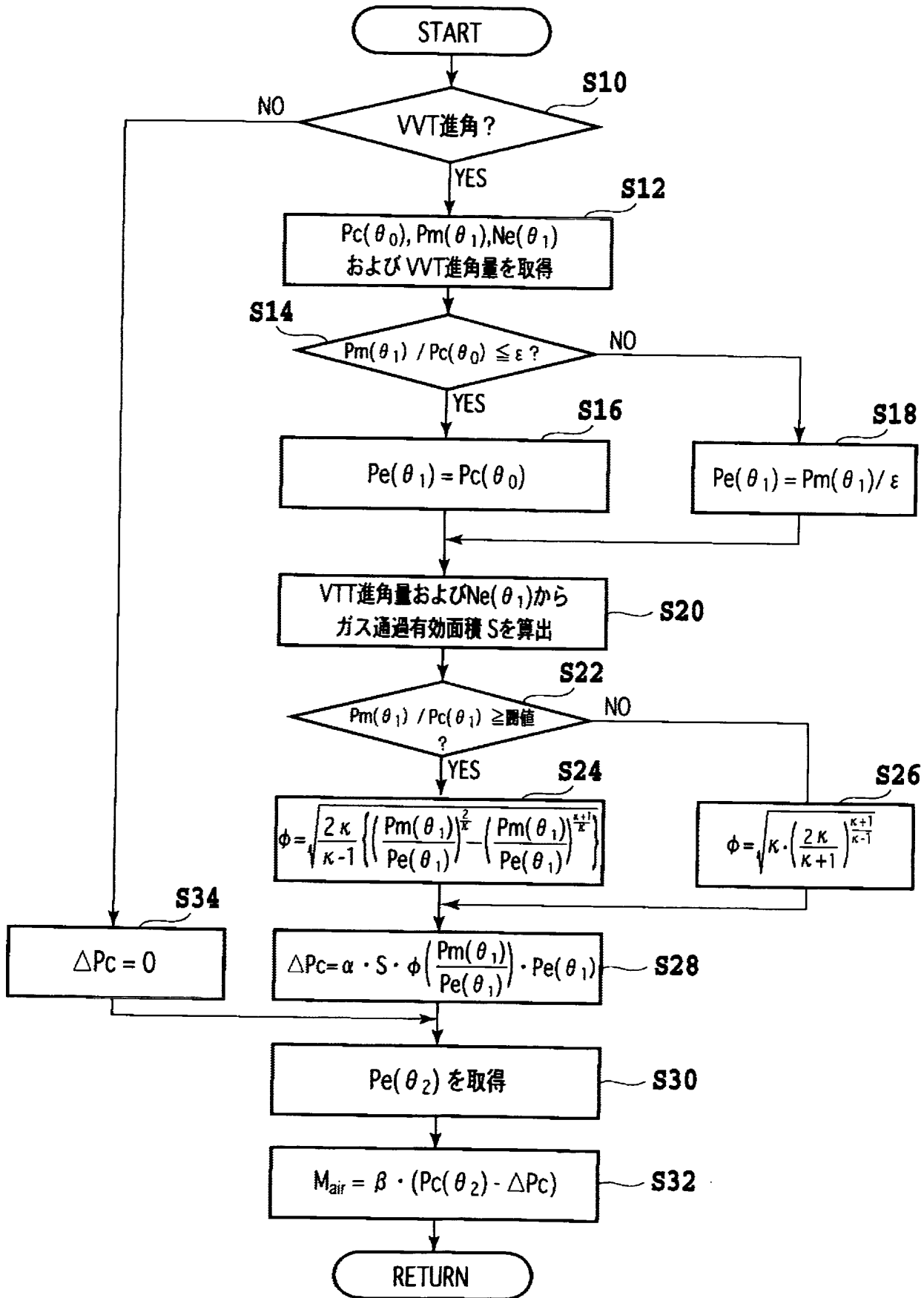
【符号の説明】

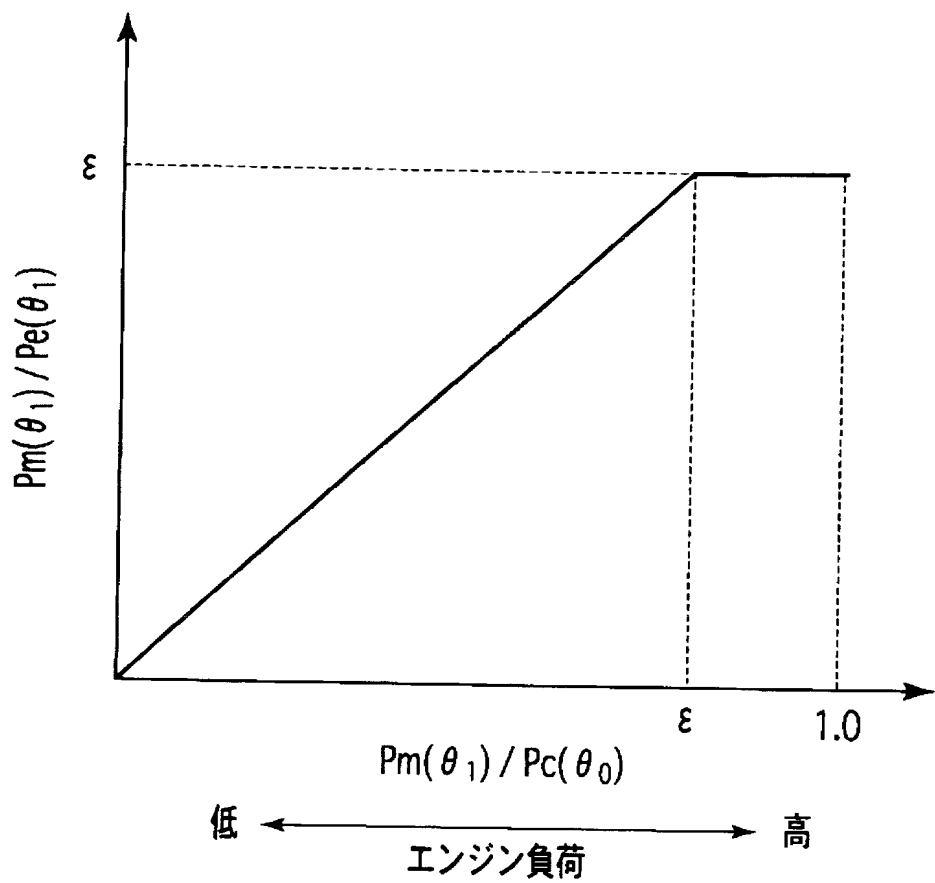
【 0 0 / 5 】

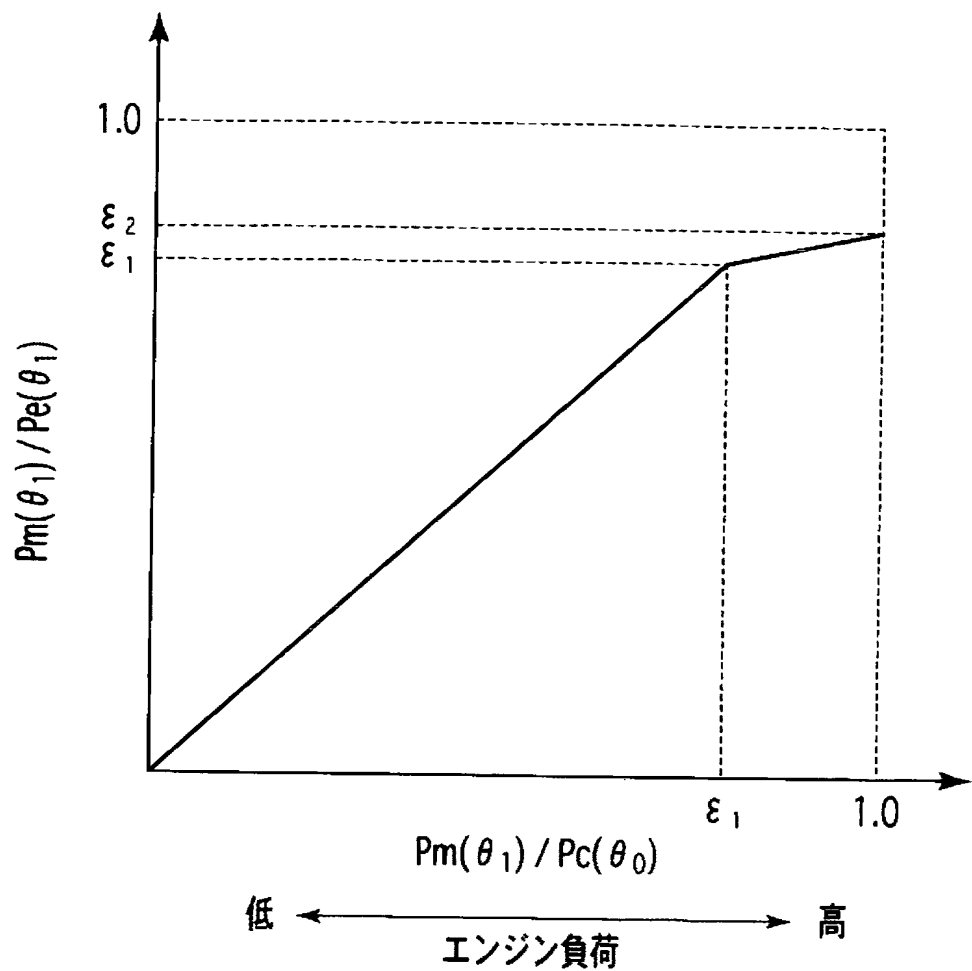
- 1 内 燃 機 関
- 3 燃 焼 室
- 1 4 ク ラ ン ク 角 セ ン サ
- 1 5 筒 内 圧 セ ン サ
- 1 6 吸 気 圧 セ ン サ
- 2 0 E C U
- V e 排 気 弁
- V i 吸 気 弁
- V M 動 弁 機 構

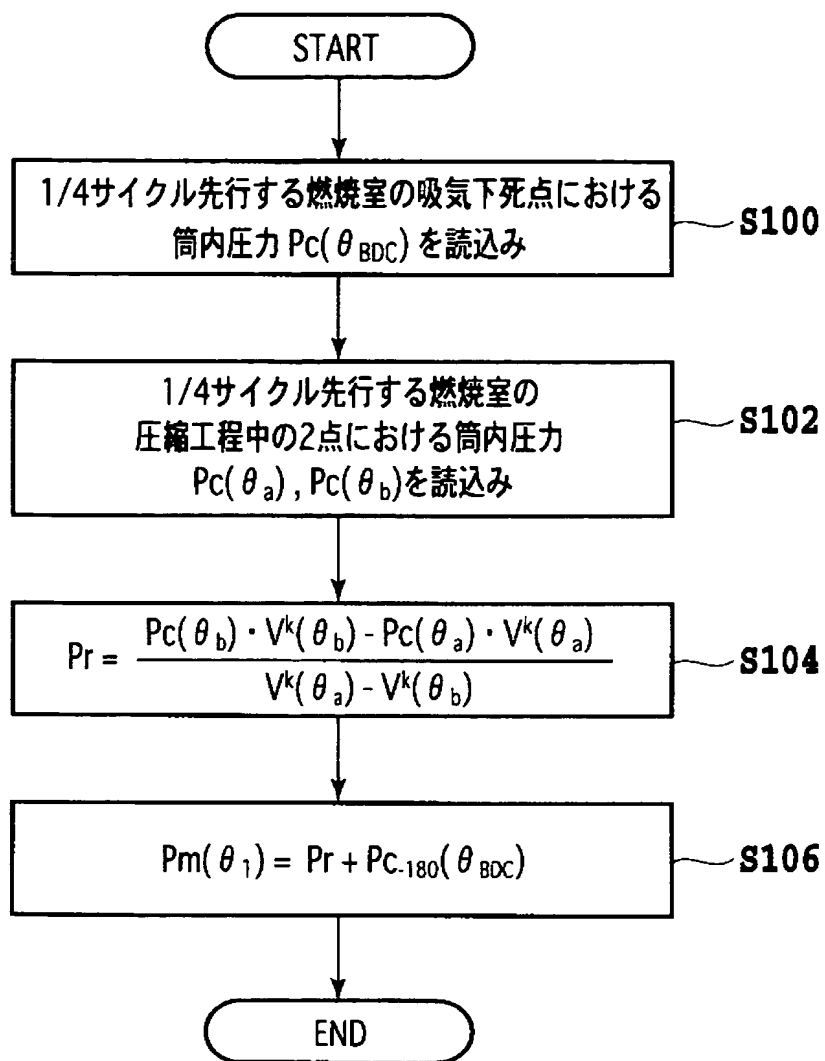
【 図 1 】











【要約】

【課題】 吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップが設定されている場合であっても、燃焼室内に吸入された空気の量を低コストで精度よく算出することを目的とする。

【解決手段】 内燃機関 1 は、吸気弁 V_i および排気弁 V_e の少なくとも何れか一方の開弁特性を変化させることができる動弁機構 VM と、燃焼室 3 における筒内圧力を検出する筒内圧センサ 15 と、 $ECU20$ とを備え、 $ECU20$ は、吸気弁 V_i と排気弁 V_e とのバルブオーバーラップによる筒内圧力の変化量を算出し、この筒内圧力の変化量と、圧縮行程中の所定のタイミングで検出される筒内圧力とに基づいて、燃焼室 3 に吸入された空気の量を算出する。

【選択図】 図 1

0 0 0 0 0 3 2 0 7

19900827

新規登録

5 0 1 3 2 4 7 8 6

愛知県豊田市トヨタ町1番地

トヨタ自動車株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.